

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

10/089804 CT/JP 00/08944

04.10.00

JP 00 / 8944
EU

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 20 OCT 2000

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年10月15日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第293631号

出願人
Applicant (s):

住友電気工業株式会社

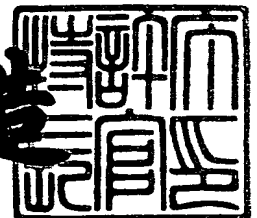
Handwritten signature/initials in Japanese.

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 9月 1日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3069795

【書類名】 特許願

【整理番号】 099I0242

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 9/145

H03H 9/25

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式
会社 伊丹製作所内

【氏名】 八郷 昭広

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式
会社 伊丹製作所内

【氏名】 板倉 克裕

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式
会社 伊丹製作所内

【氏名】 中幡 英章

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式
会社 伊丹製作所内

【氏名】 藤井 知

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式
会社 伊丹製作所内

【氏名】 鹿田 真一

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100078813

【弁理士】

【氏名又は名称】 上代 哲司

【選任した代理人】

【識別番号】 100099069

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐野 健一郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100102691

【弁理士】

【氏名又は名称】 中野 稔

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008224

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9909803

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表面弾性波素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に ZnO 層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO 層の厚みを H 、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 3.0 \sim 3.2$ を満たす構造で励起される 1 次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 2】 ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に ZnO 層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO 層の厚みを H 、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 4.2 \sim 6.0$ を満たす構造で励起される 2 次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 3】 ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に ZnO 層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO 層の厚みを H 、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 6.0 \sim 8.5$ を満たす構造で励起される 3 次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 4】 ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に ZnO 層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO 層の厚みを H 、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 9.0 \sim 10.0$ を満たす構造で励起される 4 次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項 5】 ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置し、その上に ZnO 層

を積層してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 7.7 \sim 9.5$ を満たす構造で励起される5次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項6】ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を積層しその上にZnO層を積層し、その上に短絡電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 7.2 \sim 8.5$ を満たす構造で励起される2次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項7】ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を積層しその上にZnO層を積層し、その上に短絡電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 7.8 \sim 9.5$ を満たす構造で励起される5次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項8】ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に短絡電極を積層し、その上にZnO層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 4.8 \sim 6.0$ を満たす構造で励起される2次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項9】ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に短絡電極を積層し、その上にZnO層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 6.0 \sim 8.5$ を満たす構造で励起される3次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項10】ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層から

なる誘電体薄膜の上に短絡電極を積層し、その上にZnO層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、
 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 9.0 \sim 10.0$ を満たす構造で励起される4次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする表面弾性波素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は数百MHzから数10GHzに動作周波数を持ち、特に高い動作周波数において良好な動作特性を有する表面弾性波素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

固体表面にエネルギーが集中して伝搬する表面弾性波を利用した表面弾性波素子は、小型で作製しやすく、温度特性等が安定である為、TV受信用フィルター等として利用されている。一般に表面弾性波素子は圧電体の表面に櫛形の電極を形成して構成されている。典型的な表面弾性波素子は、表面弾性波を発生させるために、圧電体の表面上に1対の櫛形電極を備える構造を有する。入力櫛形電極に印加された交流電力は圧電体表面上で機械的エネルギーに変換されるが、電極が櫛形であるため圧電体内に疎密が発生して弾性波となり、圧電体表面を伝搬して出力櫛形電極へと到達する。そして、到達した表面弾性波は出力櫛形電極により再び電氣的エネルギーに変換され出力される。

【0003】

圧電体材料としては、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 等のバルク単結晶やZnO薄膜を基板上に気相成長させたもの等が用いられている。現在のところ、単結晶圧電体を用いたものの他、ガラスの上にZnO圧電体を設けたものや、サファイアの上にZnO圧電体を設けたものなどが実用化されている。単結晶圧電体の LiNbO_3 を用いた場合には、伝搬速度Vは3500～4000 (m/s)、 LiTaO_3 では3300～3400 (m/s) 程度である。ZnOの圧電体結晶をガラス基板上に成長させたものでは最大3000 (m/s) 程度である。サファイアを基板に用いて、ZnO圧電体薄

膜を成長させた構造で $V = 5500 \text{ (m/s)}$ を有する素子が試作されている。

【0004】

近年、伝送情報量が増大し、伝送信号がマイクロ波領域に拡大しつつあり、GHz帯で使用出来る素子の需要が高まっている。一般に表面弾性波素子の動作周波数は表面弾性波の伝搬速度、及び波長で決定され、波長は櫛形電極の周期長で決定される。同じ周期長の電極を用いた場合、即ち同じ波長で表面弾性波素子を使用する場合、表面弾性波素子素材中の波の伝搬速度が大きい方が、高い周波数まで扱える。そこで物質中最高の音速を持つダイヤモンド（横波の速度：13000m/s、縦波の速度：16000m/s）を基材として用いる方法が考案されている（例えば特開昭64-62911号公報）。

一般に表面弾性波素子は、その電気機械結合係数（電気的エネルギーが機械的エネルギーに変換される際の変換効率の指標）が大きい方が高い効率で動作する。特に電気機械結合係数は ≥ 0.5 （%）が望ましい。さらに高い動作周波数で使用する為には、伝搬速度が高いことが必要である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

基板の上に形成された圧電体薄膜を用いる場合には、伝搬速度及び電気機械結合係数は、圧電体薄膜及び基板材料のみならず圧電体薄膜の膜厚にも依存する。

【0006】

また、薄膜を使用する場合、膜質が表面弾性波の動作特性に影響し、高い伝搬速度、電気機械結合係数、低伝搬損失を実現する為には、良好な膜質が必要である。しかしながら、従来より開示されているダイヤモンド上にZnOが形成された構造では、膜質の劣化により伝搬損失が大きく、電気機械結合係数も理論より小さくなり良好な表面弾性波素子が形成されなかった。

【0007】

本発明は、上記の状況に鑑みてなされたものであり、ダイヤモンド上にZnO層が形成された構造を有する表面弾性波素子において、数百MHzから数十GHzに動作周波数を持ち、特に高い動作周波数を選択的に使用出来る高効率の、ダイヤモンドを用いた表面弾性波素子を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明はダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層と、ZnO圧電体膜層と電極層と短絡電極層からなる表面弾性波素子において、ZnOの膜厚の範囲を波長との関係で規定し、同時に表面弾性波のモードを指定することにより、大きい表面弾性波伝搬速度 ($V \geq 5500 \text{ m/s}$) と大きい電気機械結合係数 ($K^2 \geq 0.5\%$) を有し、特に高い周波数で動作する表面弾性波素子を実現する。

【0009】

以下に10の異なる条件、構造のものを説明する。以下、ZnOの膜厚をHと書き、膜厚の表現はこれを伝搬する表面弾性波の高調波の波長で割って、 2π を乗じた ($2\pi \cdot H/\lambda_M$) によって表現する。同様にダイヤモンド基板の膜厚をHDと書き、膜厚の表現はこれを波長で割って、 2π を乗じた ($2\pi \cdot HD/\lambda_M$) によって表現する。これらは無次元のパラメータである。ここでいう高調波とは、図11に示す櫛形電極により電極幅を d_m 、電極間距離を d_f とした時、発生する表面弾性波の波長を λ として $\lambda = 2 \cdot (d_f + d_m)$ で表される基本波の波長を整数倍で割った値と等価であり、高調波の倍数をMとすると $\lambda_M = \lambda/M$ で表されるものである。

【0010】

本発明者らの実験によれば、膜厚H、HDは、その波長に対する比率が伝搬速度V、電気機械結合係数 K^2 に影響するということがわかっている。従って上記のパラメータにより条件を分類することが有用である。図1～4に本発明の表面弾性波素子の断面図を示す。それぞれ簡単の為に、I、II、III、IV型と略称する。

【0011】

図1はI型のものを示す。これはSi基板1の上に、ダイヤモンド層2を形成し、その上にZnO層3を設け、この上に櫛形電極4を形成したものである。これは次に述べるタイプ(1)～(4)に対応するものである。

【0012】

図2はII型のものを示す。これはSi基板1の上に、ダイヤモンド層2を形成し

、櫛形電極 4 をその上に設けたものである。この上にさらに Zn0 層 3 を形成する。これは次に述べるタイプ (5) に対応するものである。

【0 0 1 3】

図 3 は III 型のもを示す。これは Si 基板 1 の上に、ダイヤモンド層 2 を形成し、櫛形電極 4 を形成し、Zn0 層 3 を設けたものである。ここまでは II 型と同じであるが、さらに、Zn0 層 3 の上に短絡用電極 5 を形成する。これは次に述べるタイプ (6) ~ (7) に対応するものである。

【0 0 1 4】

図 4 は IV 型のもを示す。これは Si 基板 1 の上に、ダイヤモンド層 2 を形成し、この上に短絡用電極 5 を設ける。さらに Zn0 層 3 を形成し、この上に櫛形電極 4 を形成したものである。これは次に述べるタイプ (8) ~ (10) に対応するものである。以下、タイプ (1) ~ (10) について実験結果と対照しながら説明する。以下、表面弾性波の高調波の波長を λM とする。

【0 0 1 5】

図 5 は、ダイヤモンド層の厚み HD を $(2\pi \cdot HD / \lambda M) = 4.0$ とし、Zn0 層の厚み H を変化させて位相速度 (伝搬速度) を測定した結果を示すグラフである。横軸は $2\pi \cdot H / \lambda M$ である。縦軸は位相速度 (m/s) である。この結果より Zn0 層が薄い方が、音速が大きいダイヤモンドの影響を受けやすく、位相速度が速くなる。四角は 0 次モード、菱形は 1 次モード、丸は 2 次モード、三角は 3 次モード、ペケは 4 次モード、プラスは 5 次モードである。位相速度については構造による違い (I、II、III、IV 型の違い) はない。

【0 0 1 6】

図 6 は I 型の構造についての電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフである。Zn0 層が薄い時は 2 次モードの電気機械結合係数が大きく、Zn0 層が厚くなると 1 次モードの電気機械結合係数が大きくなり、さらに厚くなると 0 次モード、2 次モード、4 次モードが大きくなる。

【0 0 1 7】

図 7 は II 型の構造についての電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフである。Zn0 が薄い時は 1 次モードの電気機械結合係数が大きく、Zn0 が厚くなると

0 次モードと 3 次モードの電気機械結合係数が大きくなり、さらに厚くなると 1 次モード、2 次モード、5 次モードの電気機械結合係数が大きくなる。

【0 0 1 8】

図 8 は III 型の構造についての電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフである。ZnO が薄い時は 0 次モード、1 次モードの電気機械結合係数が大きくなり、ZnO が厚くなると、3 次モードの電気機械結合係数が大きくなり、さらに厚くなると 1 次モード、2 次モード、5 次モードの電気機械結合係数が大きくなる。

【0 0 1 9】

図 9 は IV 型の構造についての電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフである。ZnO が薄い時は 0 次モードと 1 次モードの電気機械結合係数が大きく、ZnO の膜厚が厚くなると 1 次モードの電気機械結合係数が大きくなり、さらに厚くなると 0 次モード、2 次モード、3 次モード、4 次モードの電気機械結合係数が大きくなる。

【0 0 2 0】

図 1 0 は I 型の構造についての伝搬損失の測定結果を示すグラフである。伝搬損失は電気機械結合係数が大きい 1 次モードについて比較している。この結果、ZnO が厚い方が伝搬損失は小さくなる。

【0 0 2 1】

伝搬損失の測定には櫛形電極としてダブル電極を用いた。ダブル電極は図 1 1 に示す様に、幅 d_m の電極片が間隔 d_f を置いて 2 つずつ並び、これが $2 \cdot (d_f + d_m)$ の間隔をもって繰り返すように形成されている。この電極は表面弾性波として挿入した際、電極部と圧電体部との物質の不整合による散乱の影響を軽減出来る。

【0 0 2 2】

[タイプ 1 からタイプ 1 0 までの説明]

I 型・・・タイプ 1、2、3、4

(タイプ 1) ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に ZnO 層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO 層の厚みを H 、表面弾性波の高調波

の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 3.0 \sim 3.2$ を満たす構造で励起される 1 次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする。

【0023】

位相速度 V に関しては、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M)$ は小さい程位相速度は大きくなり望ましいが、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 3.0$ 以下では図 10 より明らかな様に膜質劣化により伝搬速度が増加してしまう。また、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 3.2$ 以上では伝搬速度が 5500 m/s 以下になり従来材料で達成出来る伝搬速度になってしまう。

【0024】

(タイプ 2) ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に ZnO 層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、 ZnO 層の厚みを H 、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 4.2 \sim 6.0$ を満たす構造で励起される 2 次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする。位相速度 V に関しては、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M)$ は小さい程位相速度は大きくなり望ましいが、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 4.2$ 以下では電気機械結合係数が 0.5% 以下になり、小さくなってしまう。また、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 6.0$ 以上では伝搬速度が 5500 m/s 以下になり従来材料で達成出来る伝搬速度になってしまう。

【0025】

(タイプ 3) ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に ZnO 層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、 ZnO 層の厚みを H 、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 6.0 \sim 8.5$ を満たす構造で励起される 3 次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする。位相速度 V に関しては、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M)$ は小さい程位相速度は大きくなり望ましいが、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 6.0$ 以下では電気機械結合係数が 0.5% 以下になり、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 8.5$ 以上では伝搬速度が 5500 m/s 以下になり従来材料で達成出来る伝搬速度になってしまう。

【0026】

(タイプ4) ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上にZnO層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 9.0 \sim 10.0$ を満たす構造で励起される4次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする。位相速度Vに関しては、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M)$ は小さい程位相速度は大きくなり望ましいが、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 9.0$ 以下では電気機械結合係数が0.5%以下になってしまう。

【0027】

(タイプ5) ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置し、その上にZnO層を積層してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 7.7 \sim 9.5$ を満たす構造で励起される5次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする。位相速度Vに関しては、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M)$ は小さい程位相速度は大きくなり望ましいが、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 7.7$ 以下では電気機械結合係数が0.5%以下になり、小さくなってしまふ。また、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 9.5$ 以上では電気機械結合係数が0.5%以下になり小さくなってしまふ。

【0028】

(タイプ6) ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を積層しその上にZnO層を積層し、その上に短絡電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 7.2 \sim 8.5$ を満たす構造で励起される2次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする。位相速度Vに関しては、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M)$ は小さい程位相速度は大きくなり望ましいが、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 7.2$ 以下では電気機械結合係数が0.5%以下になり、小さくなってしまふ。また、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 8.5$ 以上では伝搬速度が5500m/s以下になり従来材料で達成出来る伝搬速度になってしまう。

【0029】

(タイプ7) ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を積層しその上にZnO層を積層し、その上に短絡電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 7.8 \sim 9.5$ を満たす構造で励起される5次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする。位相速度Vに関しては、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M)$ は小さい程位相速度は大きくなり望ましいが、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 7.8$ 以下では電気機械結合係数が0.5%以下になり、小さくなってしまう。また、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 9.5$ 以上では電気機械結合係数が0.5%以下になり、小さくなってしまう。

【0030】

(タイプ8) ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に短絡電極を積層し、その上にZnO層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 4.8 \sim 6.0$ を満たす構造で励起される2次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする。位相速度Vに関しては、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M)$ は小さい程位相速度は大きくなり望ましいが、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 4.8$ 以下では電気機械結合係数が0.5%以下になり、小さくなってしまう。また、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 6.0$ 以上では伝搬速度が5500m/s以下になり従来材料で達成出来る伝搬速度になってしまう。

【0031】

(タイプ9) ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に短絡電極を積層し、その上にZnO層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λ_M とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda_M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 6.0 \sim 8.5$ を満たす構造で励起される3次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする。位相速度Vに関しては、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M)$ は小さい程位相速度は大きくなり望ましいが、 $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 6.0$ 以下では

電気機械結合係数が0.5%以下になり、小さくなってしまう。また、 $(2\pi \cdot H / \lambda M) = 8.5$ 以上では伝搬速度が5500m/s以下になり従来材料で達成出来る伝搬速度になってしまう。

【0032】

(タイプ10) ダイヤモンド層或いは基板上に形成したダイヤモンド層からなる誘電体薄膜の上に短絡電極を積層し、その上にZnO層を積層し、その上に表面弾性波を励起させる櫛形電極を配置してなる表面弾性波素子において、ZnO層の厚みをH、表面弾性波の高調波の波長を λM とした時、 $2\pi \cdot H / \lambda M$ の値が、 $(2\pi \cdot H / \lambda M) = 9.0 \sim 10.0$ を満たす構造で励起される4次モードの表面弾性波の高調波を利用することを特徴とする。位相速度Vに関しては、 $(2\pi \cdot H / \lambda M)$ は小さい程位相速度は大きくなり望ましいが、 $(2\pi \cdot H / \lambda M) = 9.0$ 以下では電気機械結合係数が0.5%以下になり、小さくなってしまう。

【0033】

【発明の実施の形態】

本発明では、天然型ダイヤモンドと合成ダイヤモンドのいずれも使用可能である。また、単結晶ダイヤモンドでも多結晶ダイヤモンドでもアモルファスダイヤモンドでもよい。また、ダイヤモンド単体でもよいし、他の基材上に形成された薄膜でも良い。

【0034】

ダイヤモンド層は基板の一部であっても良いし、基板の全部であっても良い。ダイヤモンド層はその全部が絶縁性であっても良いが、その一部または全部が半導電性であってもよい。また、ダイヤモンドを成膜するための基板としては、Si、Mo、W等の無機材料、金属あるいはガラス、セラミックス、酸化物、窒化物等のいずれであってもよい。いずれの基材でも最適な $(2\pi \cdot H / \lambda)$ は同じである。しかしながらダイヤモンドの膜厚が非常に薄く、表面弾性波の波長より非常に小さい場合、特に、 $(2\pi \cdot H D / \lambda < 0.5)$ の場合には基材の影響が現れる。

【0035】

ダイヤモンド薄膜の形成方法はCVD法、プラズマCVD法、PVD法、熱フ

イラメント法等、公知の方法で行うことができる。反応室内部のガスをプラズマ化するための方法としては、高周波、低周波によるグロー放電法、アーク放電法等の各種放電法等を用いることができる。ダイヤモンドを形成する方法としては、水素原子を含む化合物を用いて成膜できる。またハロゲン原子を供給し得るガスと水素原子を含む化合物を用いて成膜できる。ハロゲン原子を供給し得るガスとは、ハロゲン分子は勿論、ハロゲン化有機化合物、ハロゲン化無機化合物等のハロゲン原子を分子内に含む化合物をすべて含有する。たとえば、フッ化メタン、フッ化エタン、トリフッ化メタン、フッ化エチレン等のパラフィン系、オレフィン系、脂環式、芳香族等の有機化合物、ハロゲン化シランのような無機化合物等である。ハロゲンガスを成膜室内に導入することにより基板温度を下げることで、200℃～900℃でダイヤモンドが成膜できる。

【0036】

ハロゲンガスは水素元素との結合力が大きく原子半径の小さい方が好ましい。特に低圧で安定な膜を形成するためには、フッ化化合物が好ましい。また水素原子を含む化合物としては、たとえばメタン、エタン、プロパン等の脂肪族炭化水素、ベンゼン、ナフタレン等の芳香族炭化水素の他エチレン、プロピレン、ビドラジン等のヘテロ原子を有する有機化合物等である。

【0037】

ダイヤモンドの高純度のものは誘電率の低い絶縁体である。しかし、B、Al、P、S等の不純物を導入したり、イオン注入や電子線照射により格子欠陥を導入すると、半導電性ダイヤモンドを形成できる。Bを含む半導電性のダイヤモンド単結晶は天然にも稀に産出し、超高压法により人工的に産出することも可能である。ダイヤモンド層あるいは基板状に成膜したダイヤモンド薄膜は絶縁体であることが好ましく、抵抗率は $10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、好ましくは $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上が必要である。またダイヤモンド層あるいは成膜したダイヤモンド薄膜の表面は、表面弾性波の散乱やその他の損失を軽減するため、平坦であることが好ましく、必要に応じて表面を研磨する必要がある。

【0038】

またエピタキシャル法による単結晶ダイヤモンド薄膜を使用することもできる

。ZnO 薄膜はスパッタ法やCVD法の気相合成法を用いることによって、大きな圧電性を有するC軸配向性の優れたものを成長することができる。C軸配向性が θ 値で 3° 以下であり、抵抗率 $10^5 \Omega \text{ cm}$ 以上であることが好ましい。

【0039】

ZnOは、c軸配向性ZnOであることが好ましい。ここに、c軸配向であるとは、ZnO膜の(001)面が基板と平行であるように形成されることをいう。形成されたZnO膜がc軸配向であれば、ZnOの本来有する圧電性を充分に利用した表面弾性波素子を実現することが可能になる。

【0040】

電極、及び短絡用電極材料としてはエッチングによる電極作製が可能で、抵抗率が小さい金属であり、Au、Al、Cu、等の低温で蒸着可能な金属、Ti、Mo、W等の高温で成膜される金属、またTiの上にAlを蒸着したような2種以上の金属を用いることも可能である。特に、電極作製の容易さよりAl、Tiを用いることが好ましい。櫛形電極の作製方法は電極用金属成膜後、レジストを電極用金属表面に均一に塗布し、ガラス等の透明平板に櫛形電極パターンを有するマスクをのせ、水銀ランプ等を用いて露光、あるいは電子ビームにより電極を直接形成することも可能である。その後、現像してレジストによる櫛形電極を形成する。

【0041】

電極、及び短絡用電極の厚さに特に制約はないが、100～5000オングストローム程度の厚さであることが好ましい。100オングストローム未満では抵抗率が高くなり損失が増加する。一方、5000オングストロームを越えると、表面弾性波の反射を引き起こす質量付加効果が著しくなる。

【0042】

電極のエッチング方法は、たとえば、Al等の低融点金属としては水酸化ナトリウム溶液等のアルカリ性溶液、硝酸等の酸性溶液によるウェットエッチング法でエッチング可能である。高融点金属もフッ酸と硝酸の混合溶液を用いてエッチング可能である。また、 BCl_3 等のガスを用いて、反応性イオンエッチング法により電極を作製することも可能である。

【0043】

電極のエッチングの際に用いる薬品あるいはガスによりZnO表面を劣化させることがあり、その対策としてZnOと櫛形電極の間に薄い絶縁体、あるいは誘電体を挿入することも可能である。この場合、薄膜の影響がない様薄膜の厚みを50nm以下にする必要がある。

【0044】

【実施例】

(実施例1) 図1から4に示した4種類の表面弾性波フィルタをZnO膜の膜厚を変化させて作製した。そのフィルター特性を測定し、その動作周波数 f より表面弾性波の位相速度 $V = f \cdot \lambda_M$ を求め、櫛形電極の放射インピーダンスの測定より、電気機械結合係数 K^2 を求めた。

【0045】

10mm×10mm×0.3mmのSi基板状にマイクロ波プラズマCVD法を用いてダイヤモンドを50 μ m成膜した後、ダイヤモンド表面をダイヤモンドコート研磨機を用いて種々の膜厚1～30 μ mまで研磨した。多結晶ダイヤモンドの原料にはCH₄をH₂で100倍に希釈したガスを用いた。これらの膜はいずれも10⁹ Ω cm以上の抵抗率を有していた。

【0046】

研磨したダイヤモンド表面に圧電体、電極、あるいは短絡電極を形成した。圧電体としてはZnOの薄膜を形成した。ZnO薄膜はZnO多結晶をArと酸素の混合ガスでスパッタする方法で得た。スパッタの条件は基板温度400℃、RFパワー160W、圧力2.7Paである。スパッタの時間を変えることでZnOの膜厚を変化させることができ、ZnOの膜厚を $(2\pi \cdot H / \lambda_M) = 0.2 \sim 1.0$ のものを作成した。

【0047】

電極、及び短絡用電極はAlを抵抗加熱法により50nm蒸着し、電極はフォトリソグラフィ法を用いて電極間幅が0.5 μ m以上のものを作製した。電極の作製はウェットエッチング法を用いた。

【0048】

(実施例 2) 図 1 に示した表面弾性波フィルタを各膜厚でそれぞれ 3 種類のダブル電極を用いて形成し ZnO の膜厚を変化させて作製した。各電極は入出力の電極の線幅方向の中心間距離を電極の線幅 + 電極間距離の 4 倍を基本として、その 40 倍、80 倍、120 倍の距離に配置したパターンを用いて周波数特性を測定し、損失の傾きから伝搬損失を求めた。その結果、図 10 に示す様に、ZnO の膜厚が厚い程伝搬損失が低下することが明らかになった。

【0049】

【発明の効果】

本発明によれば、伝搬損失が小さくかつ伝搬速度、及び電気機械結合係数が高い表面弾性波素子が得られるので、数百 MHz から数十 GHz 帯の高周波領域で動作する表面弾性波素子を容易に提供することが出来る。表面弾性波素子の用途としては帯域通過フィルター、共振器、発振器、コンボルバー等が挙げられる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の I 型の表面弾性波素子の例を示す断面図である。

【図 2】

本発明の II 型の表面弾性波素子の例を示す断面図である。

【図 3】

本発明の III 型の表面弾性波素子の例を示す断面図である。

【図 4】

本発明の IV 型の表面弾性波素子の例を示す断面図である。

【図 5】

本発明の実施例においてダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD / \lambda M) = 4.0$ としたとき、ZnO の厚みと表面弾性波の位相速度 V の関係の測定結果を示すグラフである。

四角は 0 次モード、菱形は 1 次モード、丸は 2 次モード、三角は 3 次モード、ペケは 4 次モード、プラスは 5 次モードである。

【図 6】

本発明の実施例によるI型の表面弾性波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD / \lambda M) = 4.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフである。

【図 7】

本発明の実施例によるII型の表面弾性波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD / \lambda M) = 4.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフである。

【図 8】

本発明の実施例によるIII型の表面弾性波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD / \lambda M) = 4.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフである。

【図 9】

本発明の実施例によるIV型の表面弾性波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD / \lambda M) = 4.0$ としたとき、ZnO層の厚みと各モードにおける電気機械結合係数 K^2 の測定結果を示すグラフである。

【図 10】

本発明の実施例によるI型の表面弾性波素子において、ダイヤモンド層の厚みを $(2\pi \cdot HD / \lambda M) = 4.0$ としたとき、ZnO層の厚みと伝搬損失の測定結果を示すグラフである。

【図 11】

本発明の実施例に用いた楕形電極の平面図である。

【図 12】

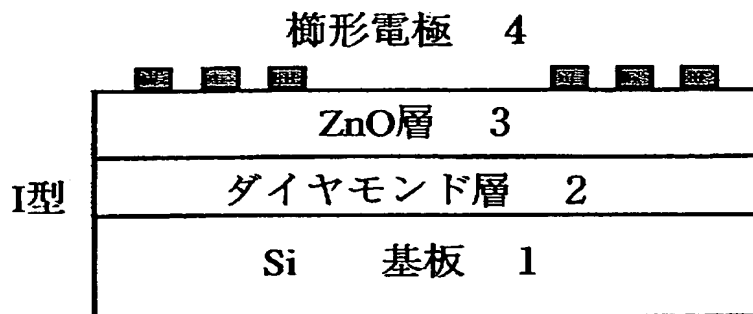
本発明の実施例に用いたダブル電極の平面図である。

【符号の説明】

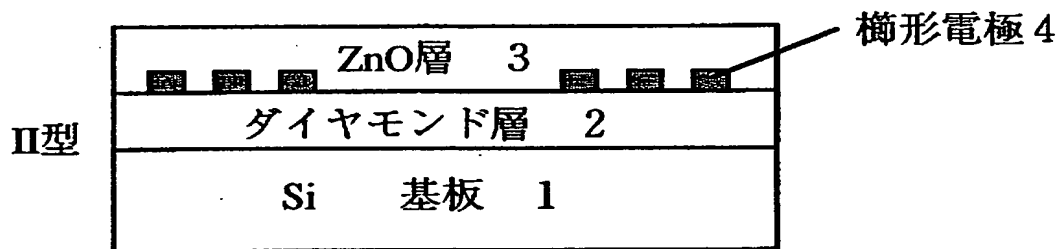
- 1 . . . 基板
- 2 . . . ダイヤモンド層
- 3 . . . ZnO層
- 4 . . . 楕形電極
- 5 . . . 短絡用電極

【書類名】 図面

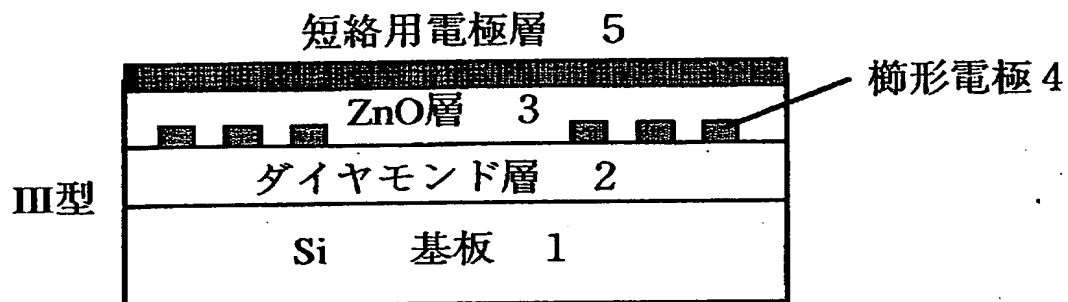
【図 1】



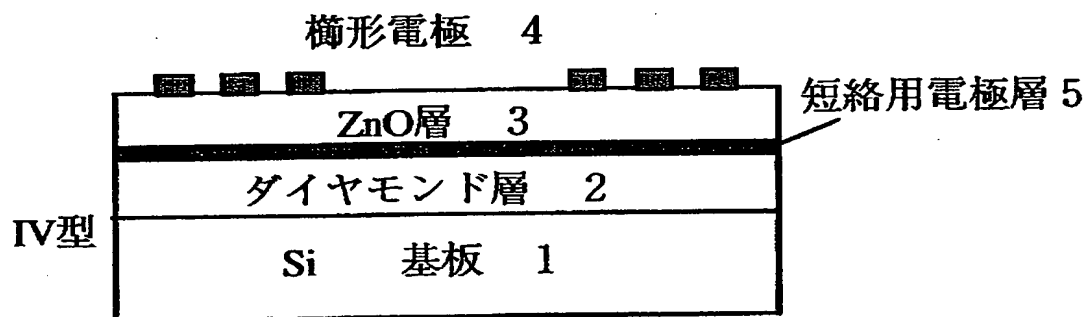
【図 2】



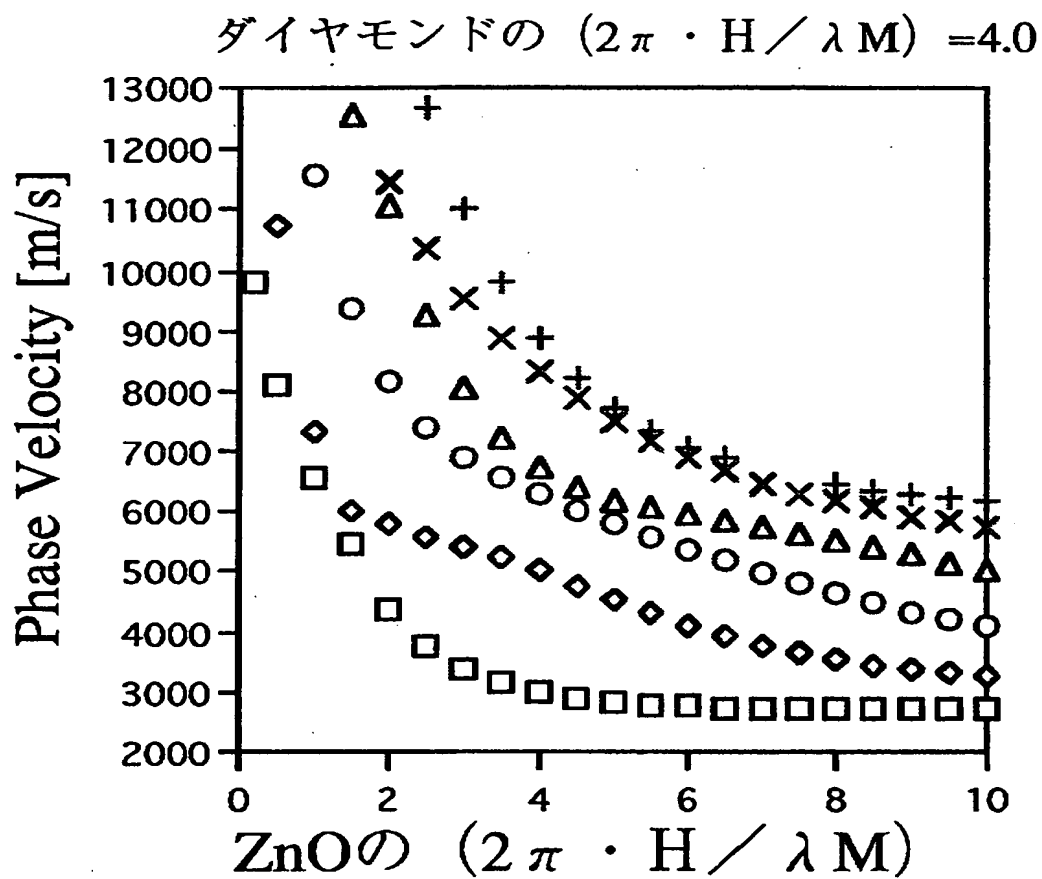
【図 3】



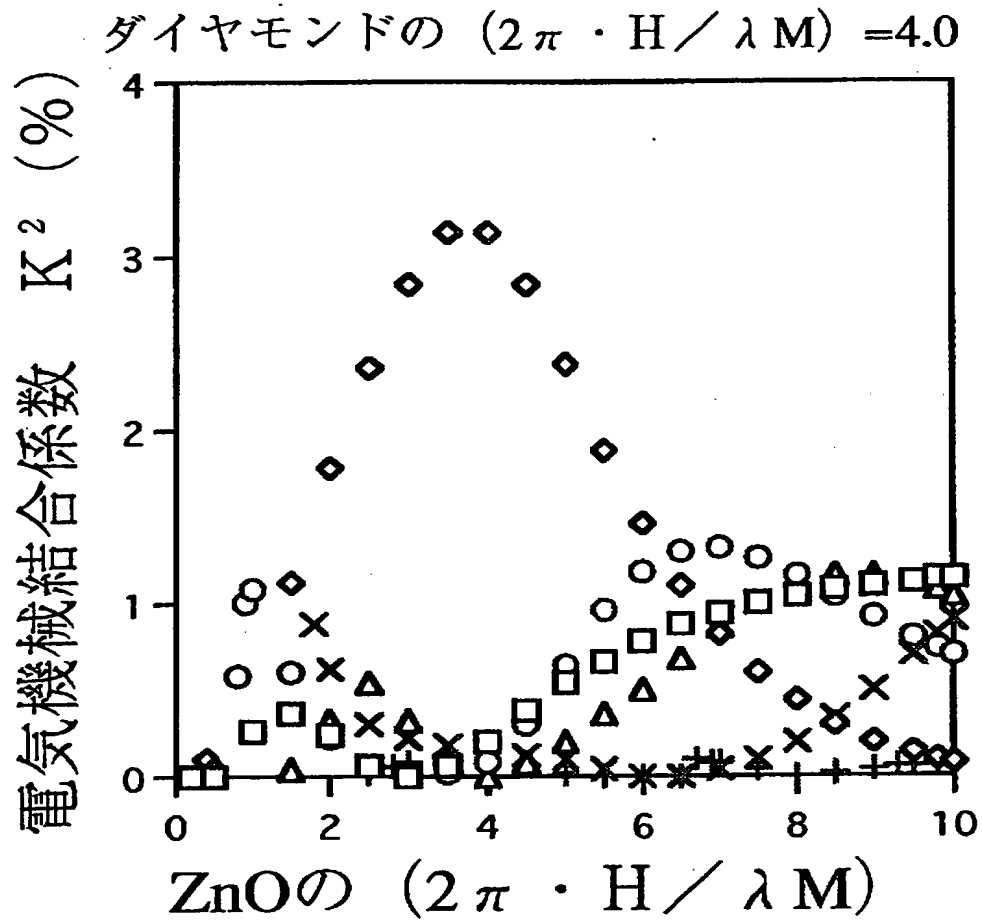
【図 4】



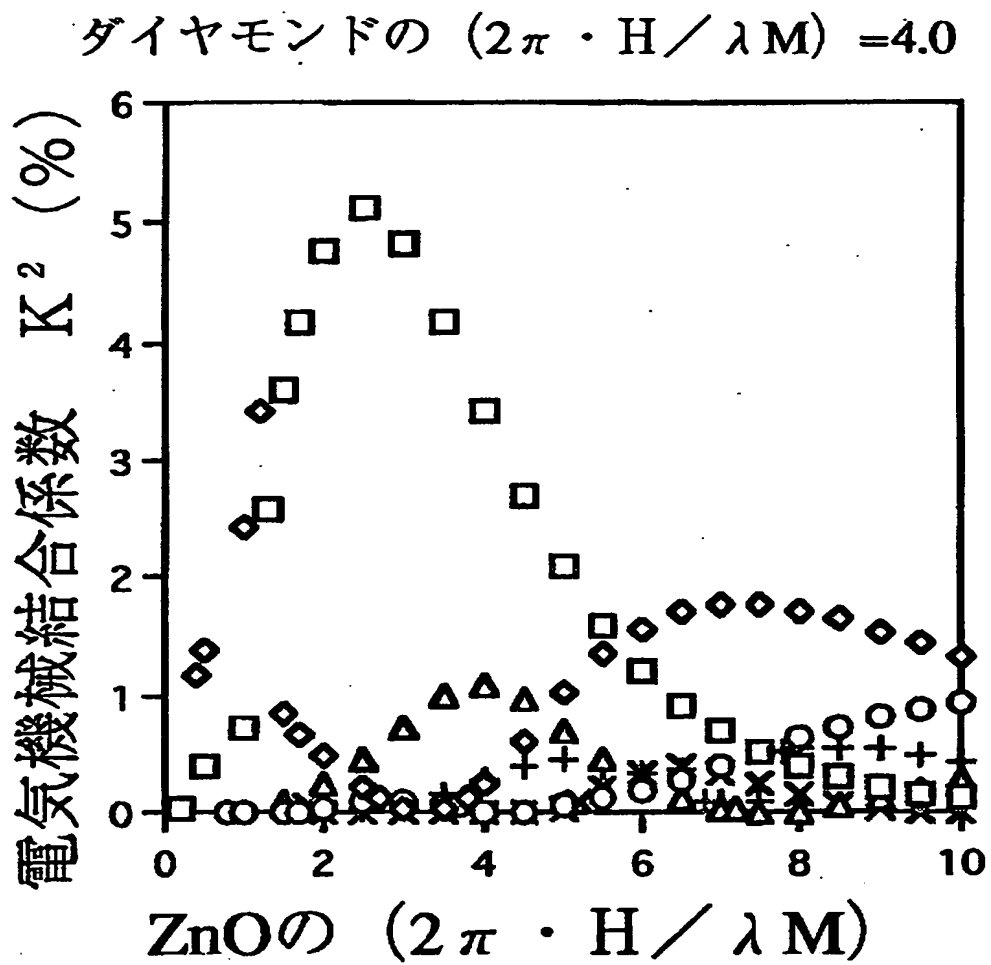
【図 5】



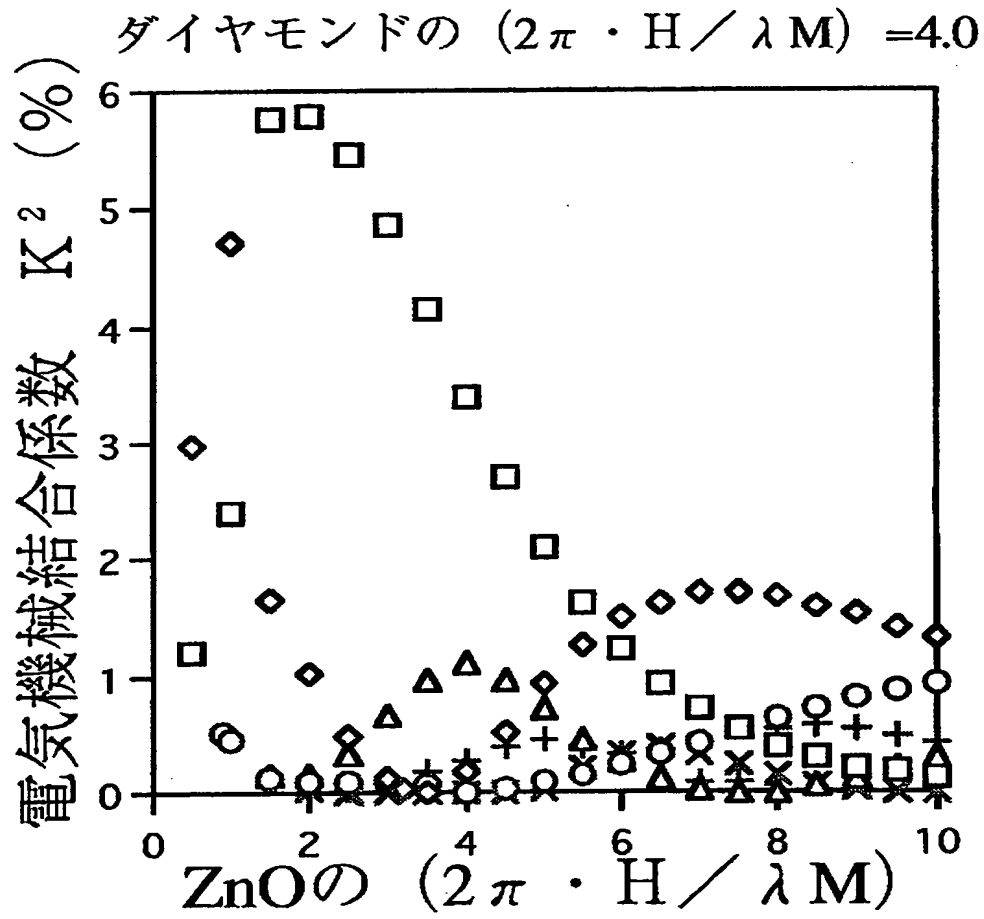
【図 6】



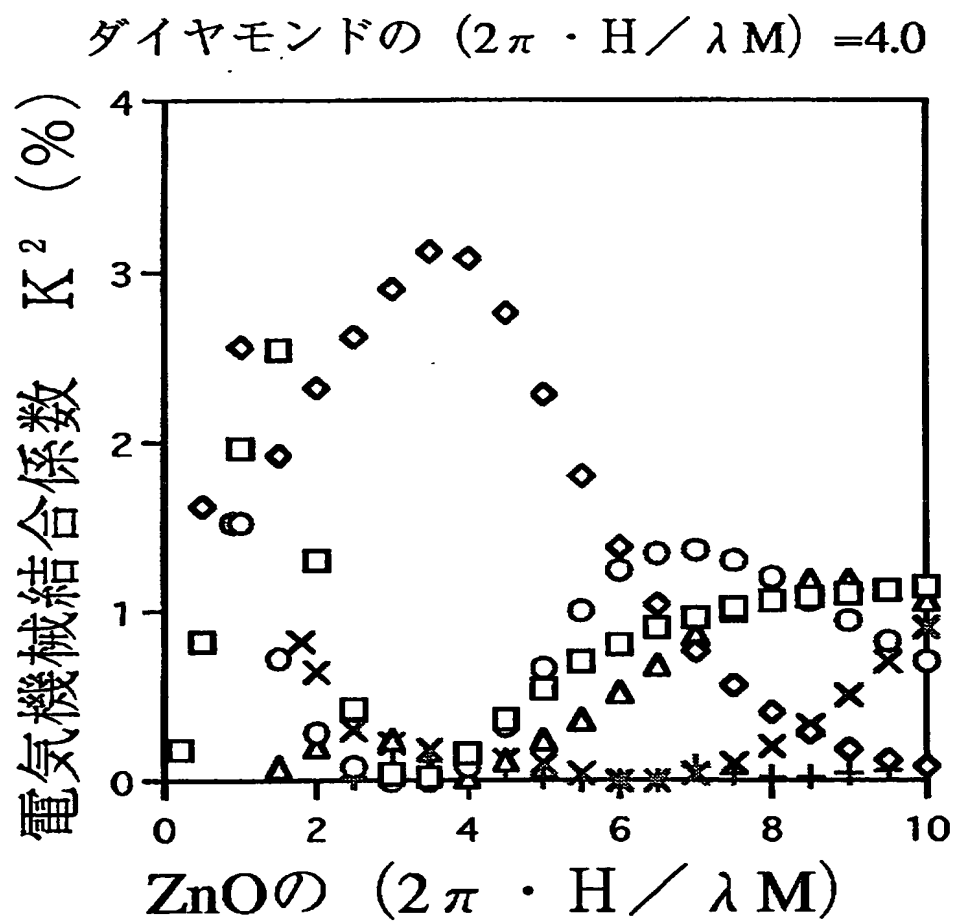
【図 7】



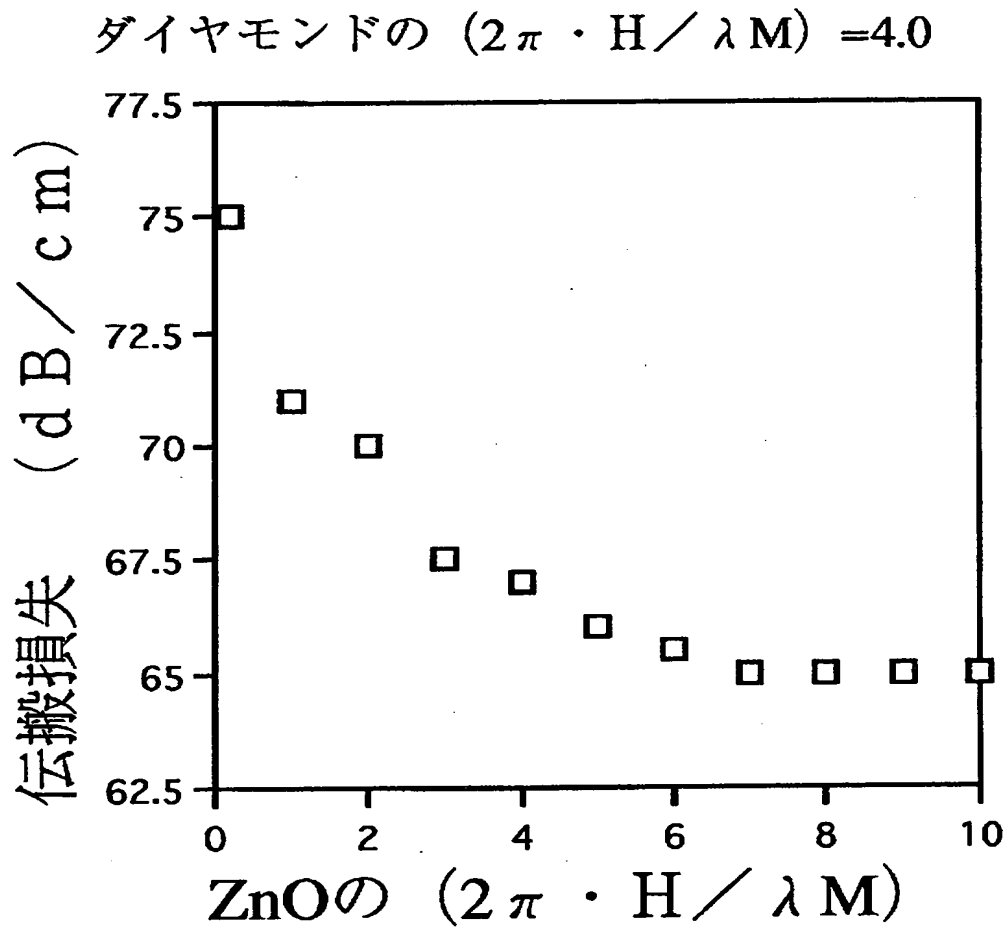
【図 8】



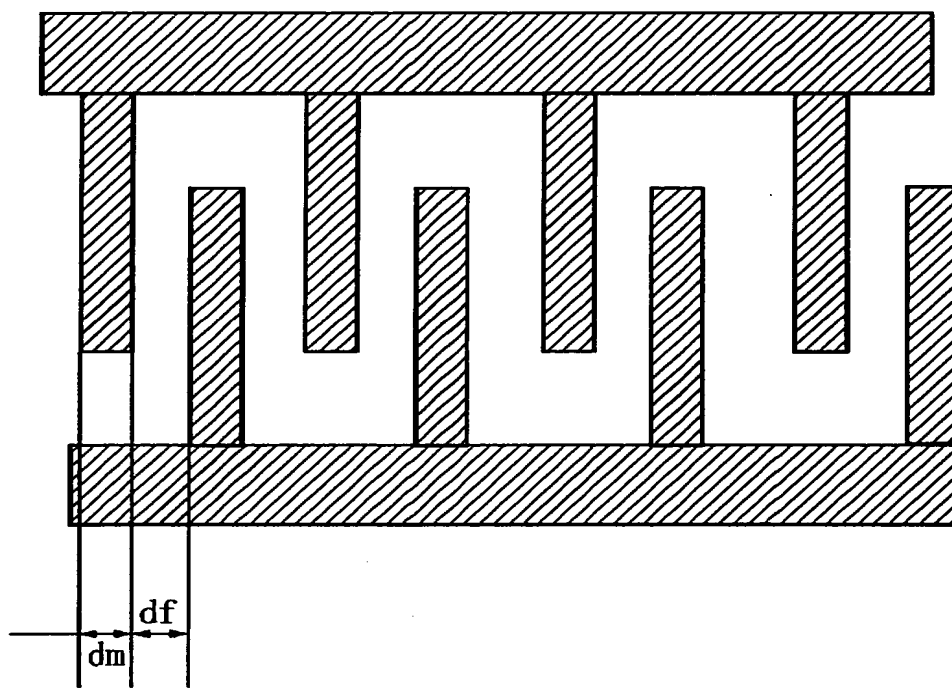
【図 9】



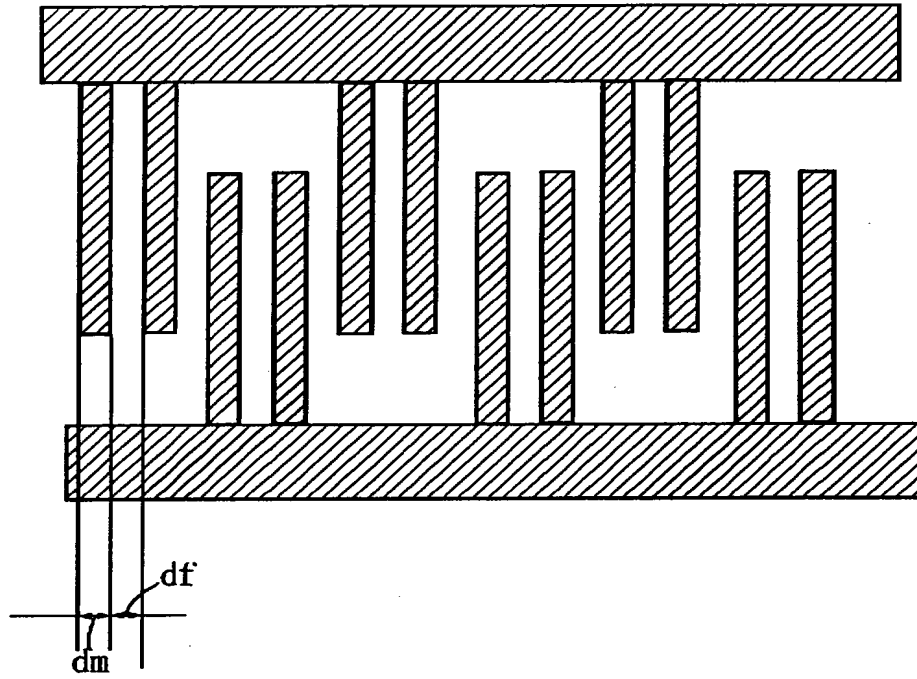
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 数百MHzから数10GHzに動作周波数を持ち、特に高い動作周波数を選択出来る高効率の、ダイヤモンドを用いた表面弾性波素子を提供する。

【解決手段】 ダイヤモンド層あるいは基板層とダイヤモンド層と、ZnO圧電体膜層と楕形電極層と短絡電極層とを備えた表面弾性波素子において、ZnO層の厚みと、表面弾性波素子の高調波の波長との関係を特定範囲に規定した構造により、2次ないし5次の高調波を利用して伝搬損失が小さくかつ電気機械結合係数が大きい、優れた特性を実現する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第293631号
受付番号	59901010806
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0096
作成日	平成11年10月19日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成11年10月15日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
氏 名	住友電気工業株式会社